



Residentiële Flexibiliteit

Marktvisie op protocollen en architectuur voor slim energiemangement

Colofon

Dit rapport is opgesteld door Powerfolio in opdracht van Stichting ElaadNL en Flexiblepower Alliance Network (FAN).

Met medewerking van:

BAM MEC	Marco Thijssen
Beebop	Sandra Trittin
BeNext	Edwin van Kessel
Consumentenbond	Yvo Verschoor
ENGIE	Pim Buiting
Fronius	Tobias Hofer
Holland Solar	Jasper Ensing/Maike Beenes
Itho Daalderop	Pieter Lagerwerf
Itility	Dennis van Goch
Milieu Centraal	Frans Sengers
Peblar (Prodrive)	Martijn van den Bekerom/Koen Elands
Productized	Corné van Bunnik
Sessy	Twan Vooijs
Stiebel Eltron	Nick van der Hoff
Tibber	Anton Westra
Vereniging Eigen Huis	Helen Visser/Richard Snijders

Auteurs

Jan Pellis
Bart Smakman

In opdracht van

ElaadNL
Flexiblepower Alliance Network (FAN)

Expertgroep

ElaadNL	Arjan Wargers
ElaadNL	Frank Geerts
FAN	Adriaan van Eck
TNO	Mente Konsman

Datum

Maart 2025



Samenvatting (1/2)

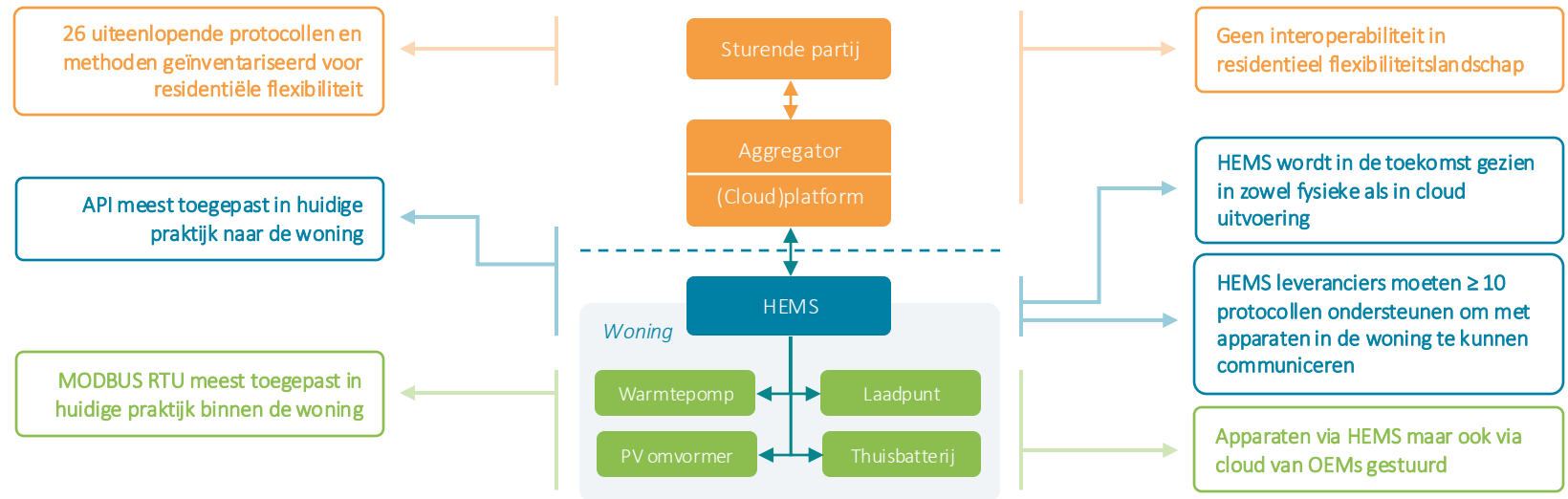
Residentiële flexibiliteit is een van de bouwstenen om congestie in laagspanningsnetten te verminderen en consumenten in te laten spelen op dynamische energieprijzen en de afschaffing van de salderingsregeling.

Dit rapport beschrijft de visie van partijen in de markt op protocollen en architectuur voor residentiële flexibiliteit. Het rapport baseert zich op 16 interviews met marktpartijen en brancheverenigingen. Ook is er gesproken met een expertgroep.

De belangrijkste conclusies zijn:

1. De huidige praktijk bij de inzet van residentiële flexibiliteit is niet interoperabel.

Het communicatie protocol MODBUS RTU heeft de meeste tractie binnen woningen, maar biedt geen interoperabiliteit. Naar de woning toe verloopt de communicatie vooral via API's vanuit cloudplatforms.



2. Nu en in de toekomst zal er een hybride architectuur zijn met zowel cloudoplossingen als lokale fysieke oplossingen voor de aansturing van residentiële flexibiliteit.

De praktijk omvat cloud gebaseerde en fysieke HEMS architecturen, vaak in hybride vormen, waarin ook de OEM (fabrikant) een rol speelt.

3. Interoperabiliteit is nodig om lock-ins te voorkomen en kosten te besparen voor consumenten.

Binnen de woning moeten apparaten kunnen samenwerken voor optimale ontsluiting van flexibiliteit. Dit bevordert de keuzevrijheid van consumenten bij het selecteren van leveranciers en verlaagt de aanschaf-

kosten. Daarnaast is het belangrijk dat aggregators naar de woning op een gestandaardiseerde manier kunnen communiceren met de apparaten van de consument. De keuze voor specifieke protocollen zorgt hierbij voor duidelijkheid voor zowel leveranciers als dienstverleners.

Samenvatting (2/2)

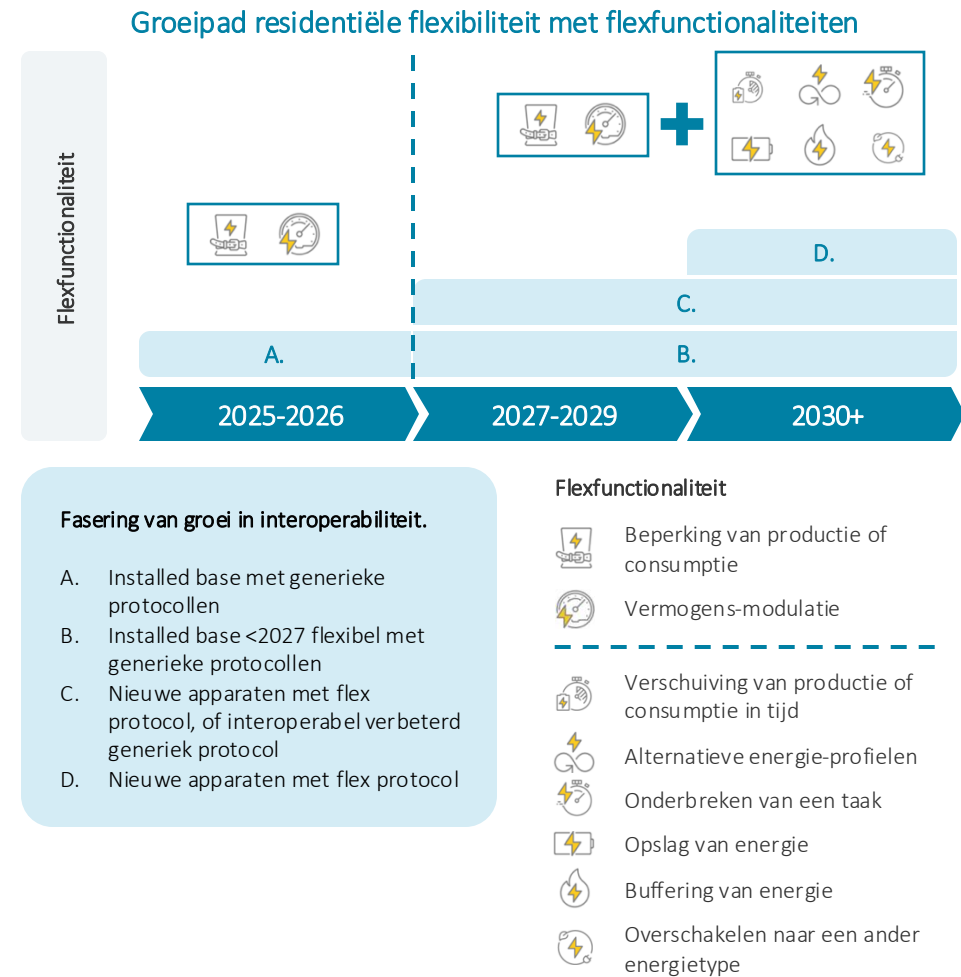
4. Opschaling van residentiële flexibiliteit kan versneld worden, maar dit wacht op keuzes.

Er moeten besluiten komen over het marktmodel voor de te hanteren protocollen in Nederland met prikkels die de inzet van residentiële flexibiliteit stimuleren. Er zijn voldoende flexibiliteitsprotocollen bekend en klaar voor brede toepassing. Meerdere opties voor de volgende stappen zijn geïnventariseerd en opgenomen in een gefaseerd groeipad voor de opschaling van residentiële flexibiliteit.

5. Naast meer interoperabiliteit is groei van functionaliteit nodig om het volledige flexibiliteitspotentieel te ontsluiten.

In de eerste fase van het groeipad moet uitgegaan worden van een *installed base* aan apparaten in de woning die een beperkte flexibiliteitsfunctionaliteit heeft. Deze apparaten kunnen aangestuurd worden met beperking van productie of consumptie, of vermogensmodulatie. Dit kan met behulp van generieke communicatie protocollen.

Met de groei van het aantal (hybride) warmtepompen, thuisbatterijen en thuislaadpalen zal het aantal apparaten met een bredere flexfunctionaliteit toenemen. Het is daarom noodzakelijk om nieuwe apparaten van flexprotocollen te voorzien om de volledige potentie van residentiële flexibiliteit te kunnen realiseren.



Inhoud

A. Inleiding

1. Inleiding
2. Methodiek

B. Achtergronden

3. Residentiële flexibiliteit
4. Ontwikkelingen in de markt
5. Architectuur

C. Marktinzichten

6. Protocollen voor residentiële flex
7. Interoperabiliteit
8. Visie op de architectuur van sturing
9. Visie op implementatie en opschaling
10. Visie op standaarden en protocollen

D. Synthese

11. Complementariteit protocollen
12. Groeipad naar meer residentiële flexibiliteit
13. Conclusie

Bijlagen

- I. Communicatie protocol en methode beschrijvingen
- II. Respons marktpartijen
- III. Definities
- IV. Flexibiliteitsfunctionaliteiten
- V. Bronnen

Leeswijzer

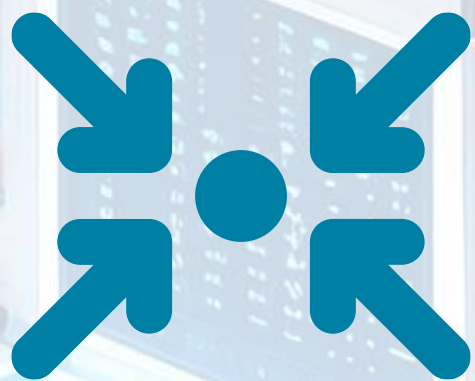
Het rapport is opgedeeld in vier secties.

De eerste sectie (A) betreft de inleiding van dit rapport.

De tweede sectie (B) beschrijft de achtergronden die het vertrekpunt vormen voor het marktonderzoek.

In sectie C staan de resultaten van het marktonderzoek en een weergave van de visie van partijen in de markt. In het onderzoek is geïnterviewd welke protocollen voor aansturing van apparaten voor residentiële flexibiliteit worden gebruikt en zijn de uitgangspunten van sectie B met de markt getoetst.

De laatste sectie (D) beschrijft de synthese van inzichten uit het marktonderzoek en gesprekken met de expertgroep. Dit wordt samengevat in de conclusie.



A. Inleiding

Deze sectie beschrijft de aanleiding en scope van dit rapport, evenals de gehanteerde methodiek om de onderzoeksresultaten te verkrijgen.

1. Inleiding

1.1 Flexibel energielandschap

Flexiblepower Alliance Network (FAN) en Stichting ElaadNL zetten zich al jaren in voor een flexibel energielandschap waarin elektriciteitsverbruik, -opwek en -opslag slim gestuurd kunnen worden. De drijfveer is het mogelijk maken en versnellen van de energietransitie met optimale benutting van het energiesysteem, op een gelijk speelveld voor alle deelnemers.

1.2 Urgentie

Als gevolg van congestie in de elektriciteitsnetten en het stoppen van de salderingsregeling is de urgentie gegroeid om apparaten in en rond woningen slim te kunnen sturen. Ook het groeiend aantal consumenten met dynamische energietarieven draagt hier aan bij. Met slim sturen kan de schaarse netcapaciteit goed ingezet worden en kunnen consumenten zoveel mogelijk gebruik maken van hun zelf opgewekte elektriciteit en van momenten met lage prijzen. De visie van FAN en ElaadNL is dat hiervoor apparaten zoals warmtepompen, thuisbatterijen, zonnepaneelomvormers en laadpalen verbonden moeten zijn en in onderlinge afstemming met behulp van een Home Energy Management Systeem (HEMS) kunnen reageren op signalen uit het elektriciteitsnet en de markt.

1.3 Residentiële flexibiliteit door interoperabiliteit

De standaarden en protocollen die momenteel in de Nederlandse markt worden toegepast en als kansrijk worden beschouwd voor de toekomst, worden in dit rapport belicht. Daarbij is onderzocht hoe deze protocollen bijdragen aan een interoperabel systeem en welke stappen en architecturen noodzakelijk zijn om residentiële flexibiliteit tegen 2027 op grote schaal te benutten.

1.4 Scope

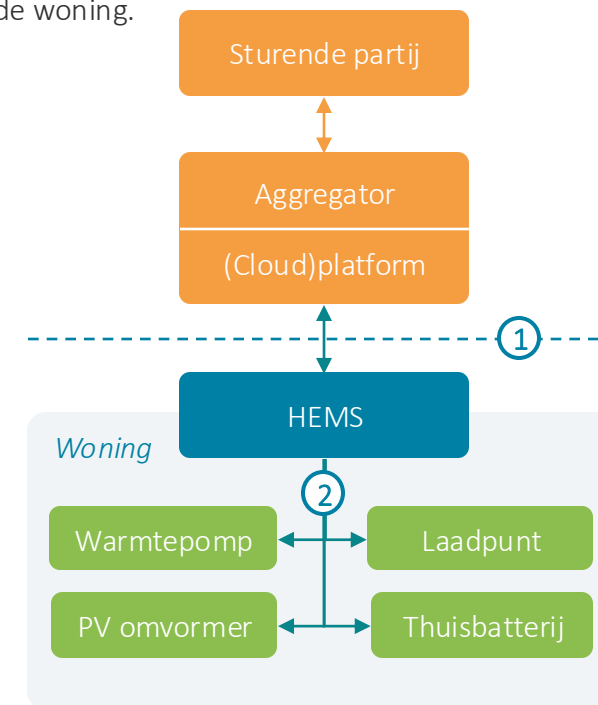
Het onderzoek heeft zich gericht op interoperabiliteit:

- ① In het aanlanden van stuurinformatie op de woning.
- ② Tussen HEMS en apparaten in de woning.

Residentiële flexibiliteit is verondersteld afkomstig te zijn van de zogenaamde 'big four' van apparaten in de woning:

- warmtepompen
- zonnepaneelomvormers
- thuisbatterijen
- thuislaadpalen.

Hierbij is er vanuit gegaan dat deze residentiële flexibiliteit marktgebaseerd wordt ingezet.



2. Methodiek

2.1 Aanpak

Om de voorkeuren van de markt voor protocollen en architectuur voor het ontsluiten van residentiële flexibiliteit te achterhalen zijn 16 interviews uitgevoerd met verschillende marktpartijen en brancheverenigingen. Van de geïnterviewde partijen zijn er 10 die zelf keuzes maken in de protocollen die ze toepassen voor communicatie met apparaten voor energiediensten. De zes anderen staan meer op afstand in hun rol als brancheorganisatie, belangenbehartiger of inkoper van diensten van derden en maken zelf geen keuzes over protocollen. Wel hebben ze hun visie ingebracht over architectuur, implementatie en toepassing van protocollen.

2.2 Marktpartijen

- Leveranciers van HEMS apparatuur en diensten.
- OEM's en leveranciers van warmtepompen, thuislaadpalen, zonnepaneelomvormers en thuisbatterijen.
- Vertegenwoordigers/belangenbehartigers van consumenten.
- Overige: energieleveranciers, aannemers en softwareontwikkelaars.

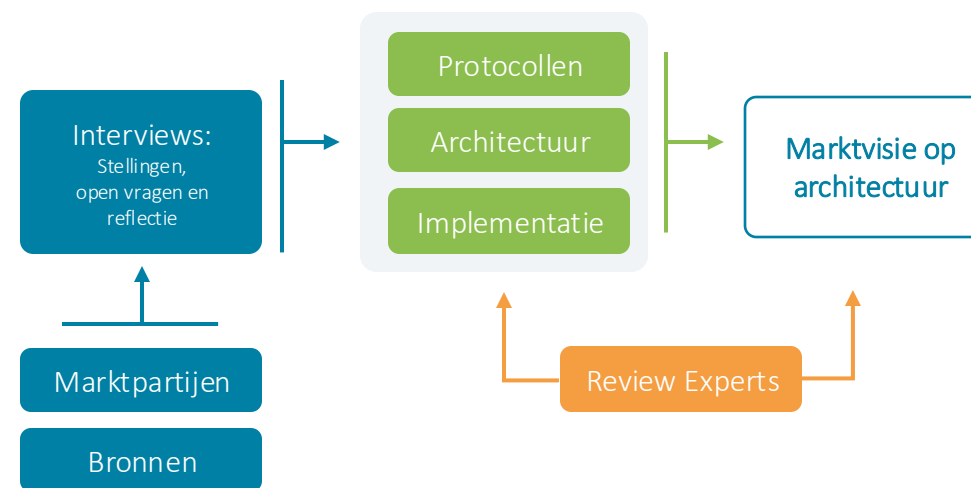
2.3 Experts

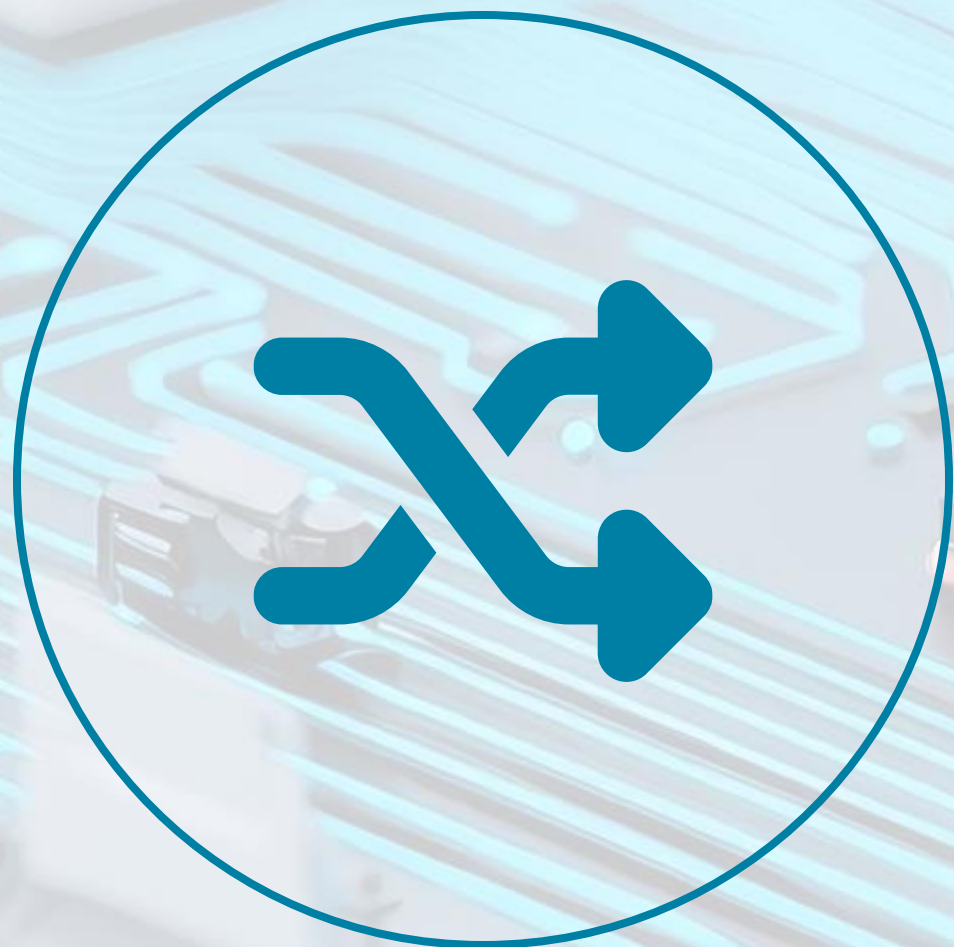
De resultaten zijn gedeeld en aangescherpt met de expert/opdrachtgeversgroep waarin TNO, ElaadNL en FAN zijn vertegenwoordigd.

2.4 Bronnen

Er zijn diverse bronnen geraadpleegd (zie bijlage V), belangrijke vertrekpunten zijn gevormd door:

1. De kansen voor energiemangement in de woning
ElaadNL, FAN, TKI Urban Energy, 2022
2. Flexmonitor, Connected heat pumps in The Netherlands
FAN, TKI Urban Energy, 2023





B. Achtergronden

Deze sectie beschrijft de achtergronden en ontwikkelingen die het vertrekpunt voor het marktonderzoek hebben gevormd. De basis architectuur van de markt waarbinnen residentiële flexibiliteit wordt ingezet is een onderdeel hiervan.

3. Residentiële Flexibiliteit

De energietransitie zet het Nederlandse elektriciteitssysteem op zijn kop. Waar voorheen de vraag het aanbod bepaalde, zoals bij traditionele energiecentrales, is de dynamiek nu omgekeerd. Het aanbod zorgt steeds vaker voor piekbelasting door de snelle groei van hernieuwbare energiebronnen zoals zon en wind. Daarnaast groeit ook de vraag naar elektriciteit door de elektrificatie van onder andere vervoer en verwarming. Dit vraagt niet alleen om een uitbreiding van het elektriciteitsnet, maar ook om slimmere manieren om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen. Residentiële flexibiliteit – het vermogen van huishoudens om hun energieverbruik en –opwek aan te passen – speelt hierin een cruciale rol.

3.1 De veranderende energiehuishouding

De afschaffing van de salderingsregeling per 1 januari 2027 vormt een belangrijke mijlpaal in deze transitie. Voor huishoudens met zonnepanelen betekent dit dat de vergoeding voor teruggeleverde stroom aanzienlijk afneemt. Dit heeft gevolgen voor de financiële voordelen van zonnepanelen. Huishoudens zullen worden gestimuleerd om zoveel mogelijk van hun eigen opgewekte stroom direct te gebruiken. Een Home Energy Management Systeem (HEMS) kan hierbij helpen.

Een HEMS, of slimme software in apparaten zoals laadpalen of batterijen, maakt het mogelijk om vraag en aanbod binnen een huishouden optimaal op elkaar af te stemmen. Dit kan bijvoorbeeld door stroom te gebruiken op momenten dat deze lokaal beschikbaar is, of door apparaten zoals warmtepompen en batterijen automatisch te laten reageren op de

energieprijzen. Dit minimaliseert de energiekosten en ontlast het elektriciteitsnet.

Een overzicht van (Home) Energy Management Systemen is te vinden op de [Uptempo website](#) van TKI Urban Energy.



3.2 Wat is residentiële flexibiliteit?

Residentiële flexibiliteit omvat alle acties die huishoudens kunnen nemen om hun energieverbruik of -opwek aan te passen. Dit varieert van het verschuiven van stroomverbruik naar daluren tot het opslaan van zonne-energie in elektrische auto's en thuisbatterijen. Het gaat niet alleen om technische oplossingen, maar ook om gedragsverandering en bewustwording. De scope van dit rapport beperkt zich tot technische oplossingen.

De voordelen zijn duidelijk:

- Lagere energiekosten: Door flexibel te zijn, kunnen huishoudens inspelen op dynamische energieprijzen en hun zelfconsumptie maximaliseren.
- Efficiënter gebruik van het net: Flexibiliteit helpt piekbelastingen op het elektriciteitsnet te verminderen, wat belangrijk is gezien de toenemende netcongestie.
- Versnelling van de energietransitie: Het benutten van flexibiliteit geeft ruimte aan meer nieuwe duurzame opwek en elektrificatie van fossiele energievraag voor verwarming en mobiliteit.

3.3 Het belang van samen kunnen werken

Om de volledige flexibiliteitspotentie van een woning te benutten, is een goed afgestemde aansturing van alle flexibel inzetbare apparaten noodzakelijk. De grootste uitdaging hierbij is interoperabiliteit: de mogelijkheid van verschillende systemen of apparaten om probleemloos samen te werken, ongeacht fabrikant of technologie. Dit gaat naast connectiviteit ook om het spreken van de juiste taal om energieflexibiliteit uit te kunnen wisselen. Dit stimuleert innovatie en voorkomt vendor lock-ins, waardoor consumenten meer keuzevrijheid behouden en de markt dynamischer en toegankelijker wordt.

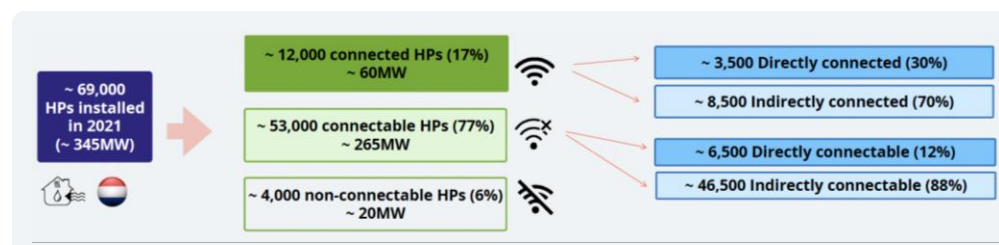
Lock-in

Een lock-in is een situatie waarin consumenten afhankelijk worden van een specifiek product, dienst of leverancier, waardoor overstappen lastig, kostbaar of onaantrekkelijk is.

Voor residentiële flexibiliteit zijn twee nadelige lock-ins te onderscheiden:

- 1. Binnen de woning: Apparaten werken niet goed samen met producten van andere leveranciers. Dit dwingt consumenten om bij dezelfde leverancier te blijven of extra kosten te maken voor compatibiliteit.*
- 2. Naar de woning: Diensten van aggregators zijn soms gekoppeld aan apparaten (zoals HEMS) van specifieke leveranciers, wat overstappen bemoeilijkt. Vergelijk dit met energiecontracten: consumenten kunnen eenvoudig van leverancier wisselen zonder technische aanpassingen. Om dezelfde keuzevrijheid te bieden, moeten HEMS interoperabel zijn met alle aggregators.*

Het is daarom essentieel dat fabrikanten, serviceproviders, netbeheerders en beleidsmakers gezamenlijk afspraken maken over de inzet van gestandaardiseerde protocollen. Alleen zo kan een breed gedragen ecosysteem ontstaan waarin apparaten en systemen naadloos met elkaar communiceren en samenwerken.



Bron: Flexmonitor, Connected heat pumps in the Netherlands, FAN, TKI Urban Energy, 2023

Het tegenovergestelde scenario – waarin deze samenwerking ontbreekt – leidt ertoe dat consumenten apparaten aanschaffen die later niet geschikt blijken om zelfstandig of in combinatie met andere systemen deel te nemen aan flexibele energieoplossingen. Dit vormt niet alleen een gemiste kans voor de consument, maar ook voor het energiesysteem als geheel. Uit onderzoek van FAN (zie illustratie) blijkt bijvoorbeeld dat een groot deel van de warmtepompen in woningen momenteel niet flexibel aangestuurd kan worden door een gebrek aan connectiviteit. Door in te zetten op interoperabiliteit en samenwerking kan deze barrière worden weggenomen en kan de energie-infrastructuur toekomstbestendig worden gemaakt.

3.4 Residentiële flexibiliteit en de consument

De rol van de consument binnen het energiesysteem verandert van passief naar actief. Waar huishoudens voorheen slechts energie afnamen, krijgen zij nu de mogelijkheid om flexibel om te gaan met hun verbruik en opwek. Dit brengt kansen met zich mee, maar vereist ook een nieuwe manier van denken en handelen.

Bewustwording en educatie spelen hierbij een cruciale rol. Veel huishoudens zijn zich nog niet volledig bewust van de voordelen en mogelijkheden van residentiële flexibiliteit. Door duidelijke voorlichting en toegankelijke informatie kunnen consumenten beter begrijpen hoe zij hun energieverbruik kunnen optimaliseren, kosten kunnen besparen en bij kunnen dragen aan de stabiliteit van het elektriciteitsnet.

Daarnaast is transparantie over energieprijzen en besparingsmogelijkheden essentieel om consumenten te stimuleren bewuste keuzes te maken. Door real-time inzicht te geven in energietarieven, eigen verbruik en opwek, krijgen huishoudens de mogelijkheid om flexibel in te spelen op prijsschommelingen en hun zelfconsumptie te maximaliseren. Slimme meters en energiebeheersystemen (zoals Home Energy Management Systems, HEMS) kunnen dit proces ondersteunen door automatisch de meest voordelige en efficiënte keuzes te maken.

Een aandachtspunt bij het stimuleren van residentiële flexibiliteit is het comfort van huishoudens. Technologische oplossingen zoals slimme thermostaten, laadpalen en thuisbatterijen moeten energiebeheer eenvoudiger maken zonder dat gebruikers constant handmatig moeten ingrijpen. Automatisering speelt hierbij een sleutelrol: systemen kunnen op de achtergrond werken en apparaten aansturen op basis van actuele netbelasting en energieprijzen, terwijl consumenten profiteren van een lagere energierekening en een duurzamer energiegebruik.

Door een combinatie van educatie, transparantie en slimme technologieën kunnen huishoudens geleidelijk transformeren tot actieve spelers binnen het energiesysteem, zonder dat zij worden belast met complexe technische beslissingen. Dit maakt residentiële flexibiliteit niet alleen toegankelijker, maar ook aantrekkelijker voor een brede groep consumenten.

De Consument

In de komende jaren schaf ik diverse apparaten aan, zoals zonnepanelen, een laadpaal, een warmtepomp en een batterij – als ik dat niet al gedaan heb. De elektrificatie zet door.

Met de afschaffing van de salderingsregeling, wijzigingen in subsidies, wetgeving en nettarieven wordt het steeds interessanter om mijn apparaten flexibel in te zetten.

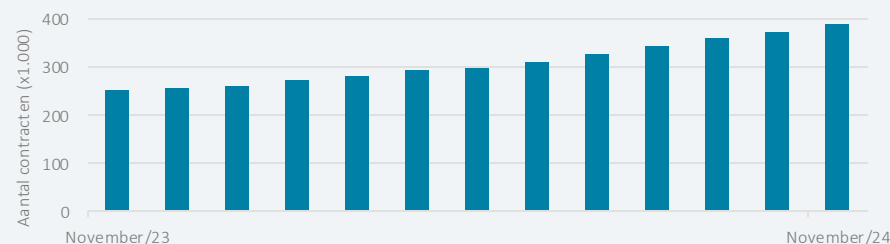
Ik wil dat dit eenvoudig blijft, dat ik zelf bepaal welke apparaten meedoen en wie ze mag aansturen. Het mag ook niet te veel kosten; de afgelopen jaren heb ik al flink geïnvesteerd in energie en een nieuwe warmtepomp.

Ik hoop dat mijn wensen worden meegenomen bij het opstellen van nieuwe regels voor energie in mijn huis.

4. Ontwikkelingen in de markt

Met de beschrijving van vier ontwikkelingen ontstaat een beeld van het belang en de groeikansen van residentiële flexibiliteit en de marktomstandigheden waarbinnen dit zich afspeelt.

Dynamische energiecontracten huishoudens



Bron: Monitor Consumentenmarkt Energie, ACM, Januari 2025

4.1 Veranderende marktomstandigheden

De introductie van dynamische energiecontracten heeft het speelveld veranderd. Door tarieven te koppelen aan uurprijzen op de energiemarkt, worden huishoudens gestimuleerd om hun energieverbruik flexibel in te zetten. Deze contracten belonen consumenten die hun verbruik aanpassen aan tijden van lage vraag of hoge opwek van hernieuwbare energie.

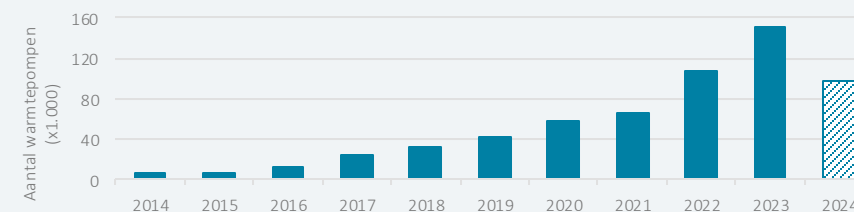
Steeds meer consumenten stappen over op dynamische tarieven. In november 2024 had zo'n 5% van de huishoudens een dynamisch energiecontract.

4.2 Veranderend beleid en aanpassingen wet- en regelgeving

Drie ontwikkelingen laten zien dat de omstandigheden voor residentiële flexibiliteit onderhevig zijn aan keuzes in overheidsbeleid:

- Per 2027 verdwijnt de salderingsregeling. Eigenaren van zonnepanelen hebben dan een stimulans om op zoek te gaan naar mogelijkheden om hun opgewekte elektriciteit zoveel mogelijk zelf te benutten.
- De recent aangenomen nieuwe Energiewet biedt diverse mogelijkheden om op nieuwe manieren samen te werken in het energiesysteem, bijvoorbeeld in energiegemeenschappen waar met flex vraag en aanbod wordt afgestemd.
- De geplande verplichting om vanaf 2026 bij vervanging van de cv-ketel minimaal een hybride warmtepomp aan te schaffen is geschrapt. Dit kan de druk op het elektriciteitsnet verlichten, maar remt de groei van flexibiliteit die hybride warmtepompen bieden.

Prognose jaarlijks aantal in gebruik genomen residentiële warmtepompen (excl. lucht-lucht)

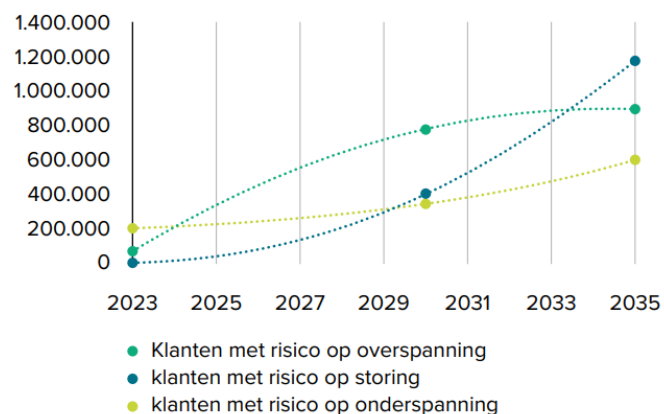


Bron: Nationaal Warmtepomp Trendrapport 24-25, Dutch New Energy Research.

4.3 Urgentie netcongestieproblematiek en LAN

Januari 2024 is de Actieagenda Netcongestie Laagspanningsnetten verschenen. De probleemanalyse die hieraan ten grondslag ligt, laat zien dat in 2030 een miljoen klanten op laagspanning problemen ervaart als gevolg van de krapte op het net. In de actieagenda zijn verschillende acties opgenomen die toezien op het slim aanstuurbaar maken van apparaten en verbeteren van interoperabiliteit.

Aantal consumenten in problemen door congestie in het LS-net



Bron: Probleemanalyse congestie in het laagspanningsnet, Januari 2024

4.4 Onderzoeken, pilots en initiatieven

In verschillende meerjarige onderzoekstrajecten en in vele pilots wordt ingespeeld en vinden voorbereidingen plaats op de hiervoor beschreven ontwikkelingen in de markt. De bouwstenen voor de opschaling van residentiële flexibiliteit krijgen vorm in grote en kleine projecten. Enkele voorbeelden:

- Het TNO [onderzoeksrapport](#) 'De rol van slimme apparaten bij netcongestie op het laagspanningsnet' uit 2024 geeft een overzicht van de rol die flexibiliteit kan spelen om netcongestie op LS-netten op te lossen, de te starten ontwikkelingen en beschikbare protocollen voor interoperabiliteit.
- Vanuit de Actieagenda Netcongestie Laagspanningsnetten werkt NEN aan standaardisatie van protocollen voor residentiële flexibiliteit.
- Berenschot deed in opdracht van Netbeheer Nederland [onderzoek](#) naar een alternatief nettariestelsel waarin consumenten prikkels krijgen om hun elektriciteitsverbruik aan te passen.
- Het [GO-e project](#) waarin ontwikkeling van het S2 flexprotocol en een ketentest met een warmtepomp plaatsvond.
- Alliander organiseerde in 2024 een HEMS Demo Day over de inzet van HEMS voor energiemanagement in een energiegemeenschap om congestie en spanningsproblemen te voorkomen.
- In de EU 'code of conduct for smart appliances' is een vrijwillige richtlijn beschreven die fabrikanten helpt om energie-efficiënte, interoperabele en gebruiksvriendelijke slimme apparaten te ontwikkelen, met als doel energiebesparing en duurzaamheid te bevorderen.
- Tijdens Flexcon 2024 presenteerde [ECOS](#) (European Environmental Citizens' Organisation for Standardisation) haar visie op hoe een universele standaard voor energieflexibiliteit tot stand kan komen.

5. Architectuur

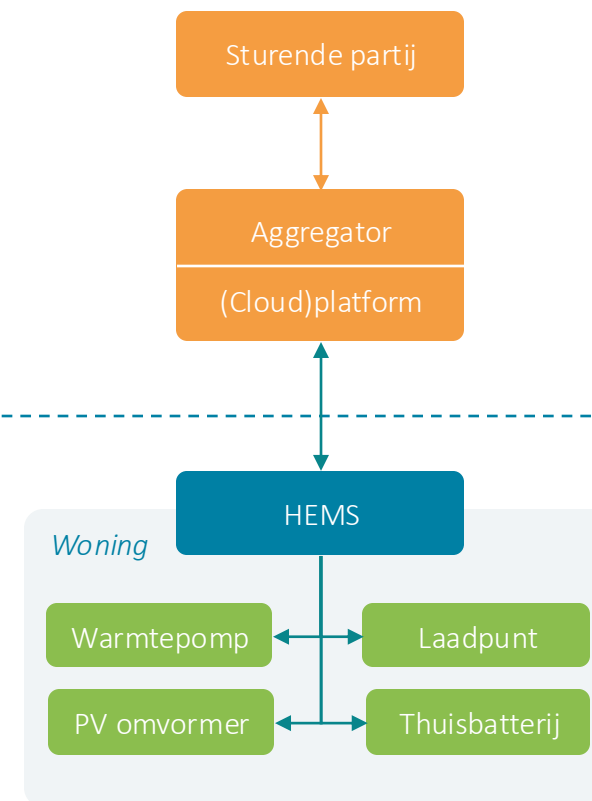
Deze architectuurplaat toont de basis architectuur die als vertrekpunt is genomen voor het onderzoek. Dat verschillende varianten op deze architectuur mogelijk zijn, is duidelijk geworden uit de gesprekken met partijen in de markt. Dit wordt in sectie C toegelicht.

Uitgangspunten voor deze gelaagde architectuur:

- Er is een sturende partij die met informatie/signalen stuurt op capaciteit en/of balans in het net. De sturende partij kan een regionale netbeheerder, de landelijke netbeheerder, of een programma verantwoordelijke partij zijn.
- Er is sprake van marktgebaseerde inzet van flexibiliteit waarbij een aggregator (of andere marktpartij) deze signalen oppikt en omzet in sturing naar woningen. Hierbij kan worden gedacht aan aangepaste nettarieven (bijvoorbeeld tijdgebaseerd nettarief) of aan gestandaardiseerde signalen om tijdelijk de capaciteitsgrens van een woning te verlagen.
- In de woning wordt de reactie op deze sturing met behulp van een HEMS afgestemd tussen de verschillende apparaten met flexibiliteit. Indien een woning één (stuurbaar) apparaat heeft is een HEMS niet automatisch een logische volgende stap voor een consument. In de toekomst is interoperabiliteit van apparaten die met elkaar en/of HEMS communiceren van belang. Hiervoor zijn op dit moment verschillende methodes en protocollen in gebruik.

Het aanlanden van stuurinformatie op de woning, hiervoor worden protocollen 'naar woning' ingezet

Communicatie tussen HEMS en apparaten, hiervoor worden protocollen 'binnen woning' ingezet





C. Marktinzichten

Deze sectie beschrijft de resultaten uit het markt-onderzoek op basis van interviews. Na een overzicht van protocollen om apparaten te verbinden en aan te sturen, volgt de visie van partijen in de markt op verschillende onderwerpen met betrekking tot de inzet en opschaling van residentiële flexibiliteit.

6. Protocollen voor residentiële flex

6.1 Communicatie methoden en protocollen

In alle interviews is gevraagd welke protocollen ingezet worden om apparaten te verbinden en aan te sturen voor residentiële flexibiliteit.

- Dit heeft geleid tot een overzicht van 26 uiteenlopende protocollen en methoden. (Zie Bijlage I voor een beschrijving van de protocollen.)
- Er is een indeling gemaakt naar communicatie protocollen en methoden* om onderscheid te maken tussen protocollen die functionaliteiten kunnen beschrijven en datadefinities bevatten, en methoden die zich beperken tot de overdracht van berichten.
- De communicatie protocollen zijn vervolgens onderverdeeld naar:
 - Specifiek op energieflexibiliteit ingerichte protocollen.
 - Generieke communicatieprotocollen en/of protocollen die op maat te maken zijn voor toepassing voor sturing energieflexibiliteit.
- Vrijwel alle genoemde protocollen en methoden zijn binnen de woning inzetbaar voor communicatie tussen apparaten, enkele zijn ook of alleen geschikt om van buiten naar de woning te communiceren.
- In het vervolg van dit rapport zijn de communicatie methoden grotendeels buiten beschouwing gelaten, omdat deze minder onderscheidend zijn in de sturing op flexibiliteit. In Bijlage II is een compleet overzicht van de protocollen en methoden en de respons van de marktpartijen opgenomen.

* Voor dit rapport zijn de volgende definities opgesteld om in de context van residentiële flexibiliteit onderscheid te kunnen maken naar communicatieprotocollen en –methoden:

- Communicatiemethoden zijn de onderliggende technieken of transmissiemechanismen die communicatie mogelijk maken.
- Communicatieprotocollen definiëren (ook) de inhoud en structuur van berichten en hoe apparaten of systemen moeten reageren.

** In deze kolommen is een stip aangebracht als het protocol of de methode in zijn algemeenheid binnen of naar de woning wordt toegepast.

	Generiek of specifiek	Protocol	Binnen woning**	Naar woning**
Communicatie Protocol	Generiek en/of eigen maatwerk voor flexsturing	MODBUS RTU	•	
		MODBUS TCP	•	
		OpenTherm	•	
		Eigen (bedraad) protocol	•	
		P1 (DSMR)	•	
		Wireless M-bus	•	
		Z-Wave	•	
		EPS-NOW	•	
		Matter	•	
		Proprietary RF protocol	•	
	Specifiek voor flexsturing	SG-ready (hardcontact)	•	
		OCPP	•	
		Sunspec Modbus	•	•
		S2	•	
IEEE 2030.5		•	•	
EEBus		•		
Communicatie Methode	OpenADR	•	•	
	API	•	•	
	LTE		•	
	MQTT	•	•	
	RS485	•		
	WIFI	•	•	
	Dig. I/Os / wire	•		
	Ethernet	•		
	Internet	•	•	
	TF / Ripplecontrol		•	

6.2 Inzichten toepassing protocollen binnen de woning

De tabel op de volgende pagina laat de aantallen toepassingen van de verschillende protocollen zien. Daaruit volgen onderstaande inzichten.

Inzichten protocollen in de huidige praktijk:

- Protocollen specifiek voor flexsturing worden beperkt toegepast. De genoemde toepassingen komen voort uit pilots, betreffen e-laden of worden gebruikt in het buitenland. SG-ready wordt in deze groep het vaakst benoemd, maar kan op weinig enthousiasme rekenen, het wordt te incompleet bevonden voor flexibiliteitssturing.
- MODBUS RTU heeft de meeste tractie in de huidige praktijk en wordt ook het vaakst genoemd voor de (nabije) toekomst, MODBUS TCP is de tweede meest gebruikte.
- MODBUS RTU/TCP heeft per partij, merk en soms zelfs per project een specifieke invulling van de gehanteerde registers en datatabellen, waardoor het geen of maar beperkte interoperabiliteit brengt voor de ontsluiting van residentiële flexibiliteit.
- HEMS partijen moeten 10 of meer protocollen implementeren om met de meeste andere apparaten te kunnen communiceren.
- Het gebruik van API's scoort hoog, met name voor communicatie tussen woningen en cloudplatforms, en soms binnen de woning. Echter, elke partij hanteert hierin zijn eigen aanpak, wat de interoperabiliteit belemmert. Met andere woorden: er is connectiviteit, maar geen gedeelde taal die interoperabiliteit mogelijk maakt.
- Een opmerking bij P1 en OpenTherm is dat deze niet gezien worden als protocollen voor flexibiliteitssturing maar wel een rol spelen in het geheel, respectievelijk voor het uitlezen van de slimme meter en communicatie

tussen thermostaat en warmtepomp.

Inzichten toekomst vanuit tractie en kansrijkheid brede toepassing:

- Hier worden aanzienlijk minder protocollen expliciet benoemd.
- MODBUS RTU voert met Matter de lijst aan. De kanttekening bij Matter is dat deze wordt genoemd als interessante ontwikkeling met mogelijk brede marktadoptie, maar vooralsnog niet voor het energiedomein is ingericht.
- Hoewel marktpartijen beperkt ingaan op de vraag naar toekomstige protocollen, onderstrepen ze het belang van een centrale standaard. Ze geven aan dat deze standaard meerdere protocollen kan omvatten en moet aansluiten op bestaande standaarden. Tegelijkertijd nemen ze een afwachtende houding aan. Dit komt door een gebrek aan urgentie, het ontbreken van een duidelijk markt- of verdienmodel, wettelijke verplichtingen en de verwachting dat uiteindelijk één of meerdere protocollen, net als in andere landen, zullen worden opgelegd.
- Bij MODBUS worden enkele nadelen genoemd gelet op toepassing in de toekomst. MODBUS TCP heeft geen authenticatie of versleuteling voor het dataverkeer. Dit maakt het kwetsbaar voor hacks, doordat als iemand eenmaal in het netwerk zit, deze toegang heeft tot alle apparaten die via MODBUS TCP aanstuurbaar zijn. Voor MODBUS RTU geldt dat er altijd twee draden naar elk apparaat getrokken moeten worden, wat leidt tot extra kosten.

Protocollen specifiek voor flexsturing zijn niet populair en interoperabiliteit is nog ver te zoeken.

	Generiek of specifiek	Protocol	Binnen woning	Naar woning	Aantal* huidige praktijk	Aantal** toekomst
Communicatie Protocol	Generiek en/of eigen maatwerk voor flex-sturing	MODBUS RTU	•		7	4
		MODBUS TCP	•		5	1
		OpenTherm	•		4	1
		Eigen (bedraad) protocol	•		3	0
		P1 (DSMR)	•		3	3
		Wireless M-bus	•		2	0
		Z-Wave	•		1	0
		EPS-NOW	•		1	0
		Matter	•		1	4
		Proprietary RF protocol	•		1	0
	Specifiek voor flex-sturing	SG-ready (hardcontact)	•		5	1
		OCCP	•		3	3
		Sunspec Modbus	•	•	2	1
		S2	•		1	3
IEEE 2030.5		•	•	1	1	
Methode	API	EEBus	•		0	4
		OpenADR	•	•	0	1
			•	•	8	5

* In deze kolom is aangegeven hoeveel van de 10 partijen, die zelf keuzes maken in de toepassing van protocollen, dit protocol inzetten in hun huidige praktijk.

** In deze kolom is aangegeven hoeveel van de 10 partijen, die zelf keuzes maken in de toepassing van protocollen, dit protocol als kansrijk zien voor sturing op flexibiliteit in de toekomst.

6.3 Inzichten toepassing protocollen en communicatie naar de woning

Inzichten protocollen voor aanlanding op de woning:

- Het ontvangen van signalen in de woning en versturen van signalen naar de woning gebeurt veelal op basis van sturing uit de cloud met API koppelingen.
- Een zorg die door enkele marktpartijen is uitgesproken, is dat dit onderwerp onderbelicht blijft, terwijl er nu veel onduidelijkheid is over hoe en welke stuursignalen er gaan komen.
- Een daaraan verbonden zorg die is geuit, is dat dit voor capaciteitssturing voor verschillende gebieden in Nederland verschillend ingericht gaat worden.
- Een gesignaleerde kans is dat dit relatief eenvoudig kan beginnen analoog aan hoe nu marktinformatie (EPEX, onbalansprijzen en KNMI weerdata) beschikbaar wordt gesteld die al wordt ingezet voor sturing van residentiële flexibiliteit.

Huidige communicatie naar de woning vooral cloud based met behulp van API's.

7. Interoperabiliteit

7.1 Het belang van residentiële flexibiliteit en interoperabiliteit

Driekwart van de geïnterviewde marktpartijen ziet flexibiliteit als een belangrijk element in de residentiële omgeving om de energietransitie te versnellen. En het kan zorgen voor ruimte in het net om nieuwe woningen aan te kunnen sluiten. Men is het er daarbij over eens dat interoperabiliteit een voorwaarde is om op te kunnen schalen met residentiële flexibiliteit. Interoperabiliteit is veel meer dan connectiviteit ('kan het apparaat online zijn'), het gaat ook om het spreken van de juiste taal om energieflexibiliteit uit te kunnen wisselen.

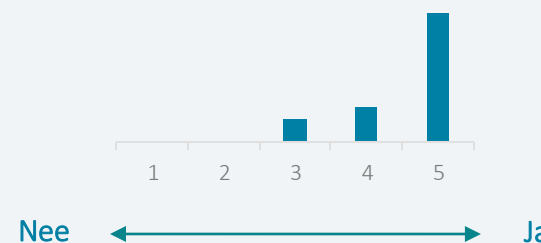
7.2 Verdienmodel

Over de vraag of flexibiliteit voor huishoudens een verdienenmodel kan worden zijn de meningen verdeeld. Men is overwegend positief maar er is ook terughoudendheid over de business case. Op de eerste plaats is dit omdat gezien wordt dat de huidige business case nog erg mager is: de kosten van een HEMS kastje in de woning zijn nog niet makkelijk terug te verdienen. Er is ook de zorg geuit dat een 'onhandige' financiële prikkel voor residentiële flexibiliteit wel voor opschaling kan zorgen maar dat die inzet van flexibiliteit niet automatisch op de juiste plek gebeurt.

7.3 Organiseren van interoperabiliteit

Interoperabiliteit gaat over zowel het organiseren van communicatie vanuit de markt en het elektriciteitsnet naar woningen als het kunnen verbinden en sturen van apparaten binnen de woning. Van beiden wordt het belang aangegeven en de behoefte aan doorontwikkeling.

Stelling: De inzet van residentiële flexibiliteit is nodig om de energietransitie te versnellen



Toelichting:

Deze grafiek en soortgelijke grafieken in dit rapport tonen de meningen van marktpartijen over stellingen die tijdens de interviews zijn besproken. De horizontale as geeft de schaal van antwoorden weer van 1 tot 5. De hoogte van de staafjes weerspiegelt het aantal partijen dat voor een bepaalde waarde op de schaal heeft gekozen.

Het belang van interoperabiliteit voor meer residentiële flexibiliteit is onomstreden, maar hoe en voor welk deel van de *installed base* lopen de gedachten uiteen.

7.4 Interoperabiliteit versnellen

Om meer interoperabiliteit te krijgen kan worden gedacht aan het voorschrijven van (gedetailleerde) standaarden of alleen de functionele vereisten. De meningen hierover zijn verdeeld. Voor de keuze van een of meerdere standaarden worden aandachtspunten meegegeven: aansluiten bij de huidige situatie in de markt, aansluiten/overeenkomen met bestaande standaarden (in andere landen) en niet te complex en daarmee kostbaar in de implementatie.

Het risico is dat aanpassingen in standaarden traag gaat. Daarnaast zijn er meerdere lopende initiatieven in verschillende landen. Veel fabrikanten opereren internationaal en roepen daarom wel op tot een bepaalde mate van eenduidigheid.

In het verlengde hiervan is de helft van de marktpartijen voor meer centrale regie. Daarbij wordt ook gewezen op ontwikkelingen in internationale context met het verzoek waar mogelijk hierop aan te sluiten.

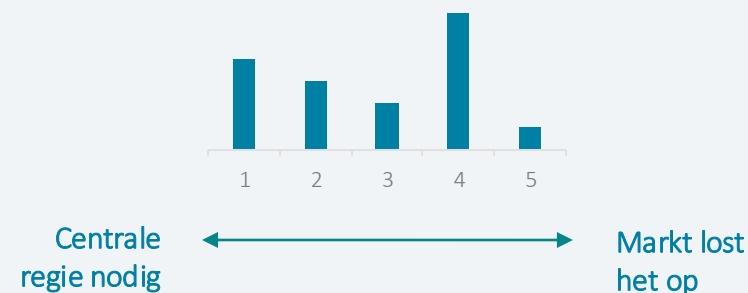
De andere helft laat het liever aan de markt en met een goed marktmodel met incentives dat de inzet van residentiële flex stimuleert. Meerdere keren wordt een volgordelijkheid gesuggereerd: marktmodel met prikkels en daarna standaard opleggen.

7.5 De ontwikkeling en implementatie van interoperabiliteit

Vrijwel alle marktpartijen zien het belang van interoperabiliteit. Ruim de helft geeft aan dat er behoefte is aan een sterke standaard in de markt. Een kleiner deel heeft die behoefte minder en wacht af welke kant de markt zich op ontwikkelt.

De meerderheid van de partijen gaat voor de ontwikkeling van een open systeem met toegang voor derden. Soms wordt deze aangevuld met eigen software en protocollen, bijvoorbeeld om onderhoudsinformatie uit te kunnen lezen.

Stelling: Laat het aan de markt; meer interoperabiliteit komt vanzelf als de prikkels groot genoeg zijn



Versnel interoperabiliteit door zowel keuzes te maken over een marktmodel met prikkels als te hanteren protocollen.

8. Visie op de architectuur van sturing

Dit hoofdstuk gaat in op de visie van de geïnterviewde partijen op de architectuur waarbinnen apparaten in huishoudens optimaal kunnen worden aangestuurd. Uit de interviews blijkt een verdeeld beeld over de rol van een Home Energy Management Systeem (HEMS): kastje in de woning of via de cloud. Daarnaast komt aan bod in welke mate een centrale of decentrale sturingsarchitectuur wenselijk is.

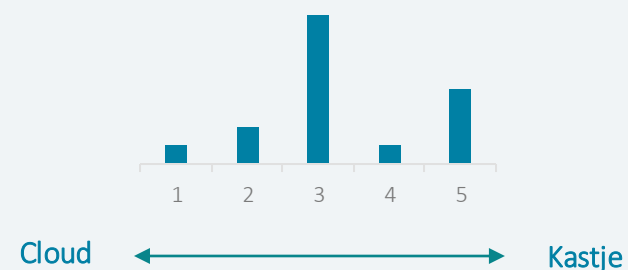
8.1 De rol van een HEMS

De meeste respondenten erkennen dat een HEMS een belangrijke rol kan spelen in het beheren van residentiële flexibiliteit, met name wanneer meerdere apparaten worden aangestuurd. Dit voorkomt conflicterende scenario's binnen het huishouden en biedt kansen voor een efficiëntere energievoorziening.

Tegelijkertijd bestaan er zorgen over implementatie en technische beperkingen, zoals de afhankelijkheid van Wi-Fi-verbindingen. Er is consensus dat een hybride model, waarbij lokale controle wordt gecombineerd met cloudgebaseerde sturing, momenteel het meest praktisch en schaalbaar is. Dit model biedt robuustheid bij internetstoringen en benut de voordelen van schaalbaarheid in de cloud.

Daarnaast benadrukken sommige respondenten dat alternatieven zoals apparaatsturing zonder een HEMS ook mogelijk zijn, maar minder geschikt lijken bij complexe situaties met meerdere apparaten.

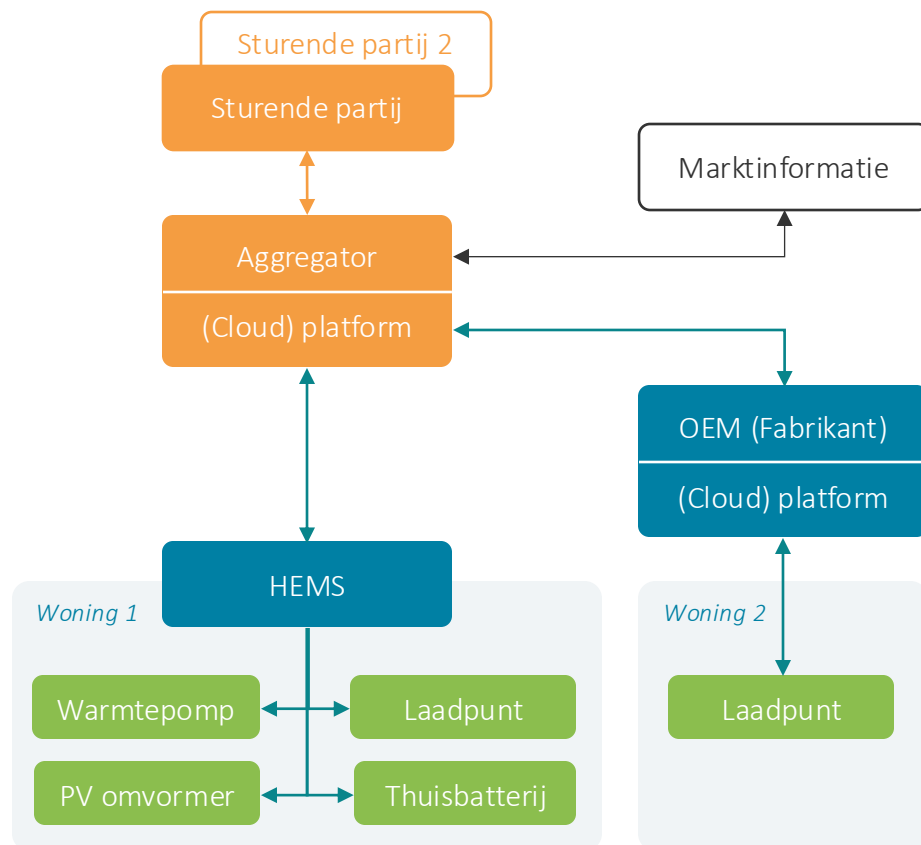
Stelling: Een HEMS is een kastje in huis of is het een cloudoplossing



De realiteit is dat architecturen met cloudbased en fysieke HEMS naast elkaar bestaan, ook in combinatie (hybride).

8.2 Hybride architectuur

Met de reacties van de geïnterviewde marktpartijen is een aangepast beeld ontstaan van de architectuur voor ontsluiting van residentiële flexibiliteit. Partijen hebben aangegeven de basis architectuur te herkennen maar verschillende varianten daarop te zien in de huidige praktijk en toekomst.



De varianten hebben geleid tot een uitbreiding op de basis architectuur, zie de hiernaast weergegeven uitgebreide architectuur plaat (voor de leesbaarheid zijn niet alle mogelijkheden gevisualiseerd). Onderstaande punten zijn ingebracht tijdens de interviews met marktpartijen en gesprekken met de expertgroep:

- Een aggregator ontvangt informatie of stuursignalen van een of meerdere sturende partijen en combineert dit zelf met markt informatie (prijzen, weergegevens, voorspellingen).
- Wat betreft het belang van interoperabiliteit binnen deze architectuur is in de interviews in alle gevallen die tussen apparaten in de woning genoemd. Interoperabiliteit tussen de woning en de buitenwereld wordt minder vaak benoemd.
- De behoefte aan HEMS functionaliteit wordt onderschreven, met de kanttekening dat er een groeipad kan zijn. Een woning met 1 flexibel apparaat kan zonder tussenkomst van HEMS direct worden aangestuurd.
- HEMS functionaliteit kan ingevuld worden vanuit een fysiek kastje in de woning en vanuit de cloud (waarbij elk apparaat afzonderlijk een verbinding naar de cloud heeft, vaak die van de OEM). De realiteit is dat beide situaties bestaan, ook in combinatie (hybride).
- Dit betekent in de praktijk dat een apparaat via de OEM ingebouwde functionaliteit heeft om te sturen, en dat de aggregator via het platform van de OEM de aansturing afgestemd op marktprikkels kan verzorgen.

9. Visie op implementatie en opschaling

Opschaling van residentiële flexibiliteit vereist een duidelijke visie op implementatie, gericht op praktische haalbaarheid en de integratie van bestaande en nieuwe apparaten. Dit thema belicht de technische uitdagingen en kansen voor grootschalige adoptie, evenals de rol van marktpartijen en standaarden.

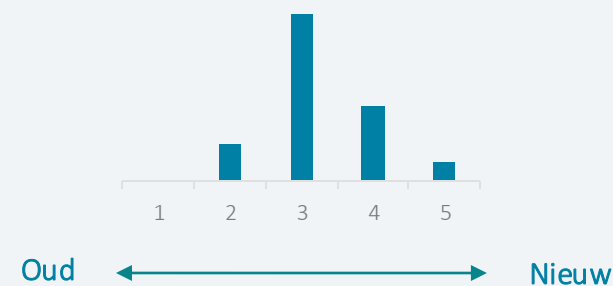
9.1 Oude versus nieuwe apparaten

De meeste respondenten zijn het erover eens dat nieuwe apparaten het laaghangende fruit vormen voor interoperabiliteit. Ze zijn energiezuiniger, eenvoudiger te implementeren en vaak al voorzien van moderne communicatieprotocollen.

Bestaande apparaten, zoals PV-omvormers, worden echter niet vergeten, gezien hun grote aanwezigheid in huishoudens. Het activeren van de huidige *installed base* wordt, gezien de opgave om op korte termijn flexibiliteit op laagspanning beschikbaar te maken, als belangrijk gezien. De verwachting is dat hiervoor retrofits nodig zijn waarvan de relatief hoge kosten een obstakel kunnen vormen. Retrofitten van oudere apparaten wordt als duur en complex ervaren.

Als suggestie wordt gegeven om voor bestaande apparaten te kijken naar de levensduur en te kijken naar apparaten die meer recent zijn geïnstalleerd en *connected* zijn opgeleverd. Voor deze apparaten is de retrofitopgave meer een kwestie van het aanbieden van updates, toevoegen van protocollen en openstellen van communicatiekanalen.

Stelling: Verbeteren van interoperabiliteit moet zich richten op bestaande en nieuwe apparaten



9.2 Naar de woning en binnen de woning

Aan marktpartijen is de vraag gesteld of er prioriteit gegeven moet worden aan het verbeteren van interoperabiliteit van communicatie naar de woning of binnen de woning. De uitkomst hiervan is dat implementatie zowel gericht moet zijn op interoperabiliteit naar de woning als binnen de woning.

Interoperabiliteit binnen de woning is belangrijk om apparaten van verschillende fabrikanten met elkaar te laten werken en de drempel voor inzet van residentiële flexibiliteit hiermee te verlagen.

Voor interoperabiliteit naar de woning is benoemd dat dit keuzevrijheid in wie je serviceprovider is (bijvoorbeeld een aggregator) mogelijk maakt. Het voorkomen van lock-ins geldt hiermee zowel naar als binnen de woning. Ook is door enkele partijen aangegeven dat interoperabiliteit naar de woning van belang is in het kader van optimalisatie op wijkniveau.

9.3 Criteria voor opschaling

Marktpartijen geven aan dat het uitblijven van keuzes voor protocollen en prikkels de belangrijkste vertragende factor voor opschaling zijn.

Ze wijzen netbeheerders en overheid aan voor deze keuzes en geven diverse criteria, onder andere:

- Kijk naar de gewenste functionaliteit in flexsturing met onderscheid naar nieuwe en/of oude apparaten (*installed base*) en de kosten voor retrofits.
- Keuzevrijheid en het voorkomen van lock-ins.
- Aansluiting bij bestaande (internationale) praktijk.

Branchepartijen hebben een aantal specifiek op de consument gerichte punten benoemd:

- Houd betaalbaarheid en begrijpelijkheid in het oog, geef ruimte en een kader aan de markt om dit in te kunnen vullen.
- Denk na over hoe het benodigde onderhoud in de toekomst kan worden gegarandeerd. Apparaten gaan lang mee en bijvoorbeeld software ondersteuning en updates zijn over langere periode nodig.
- Bezie de keuzes in een breder toekomstbeeld voor de 'Nederlandse woning'.
- Doe realistische beloftes en zorg dat prikkels goed te begrijpen zijn.

Keuzes in de implementatieroute dienen gewogen te worden op meerdere criteria, o.a. impact *installed base* en nieuwe apparaten, keuzevrijheid en voorkomen lock-ins, cyberveiligheid en onderhoudbaarheid in de toekomst.

10. Visie op standaarden en protocollen

Methodes en protocollen vormen de ruggengraat van interoperabiliteit en grootschalige adoptie van residentiële flexibiliteit. In het gesprek met marktpartijen is gevraagd naar hun visie op het ontwikkelen en behouden van eigen gesloten ecosystemen of het gebruik van meer open systemen waarin samenwerking met apparaten van andere fabrikanten en ontwikkelaars eenvoudig wordt gemaakt. Dit hoofdstuk bespreekt de rol van open systemen, de behoefte aan standaardisatie, en de uitdagingen bij het implementeren van uniforme protocollen.

10.1 Open versus gesloten systemen

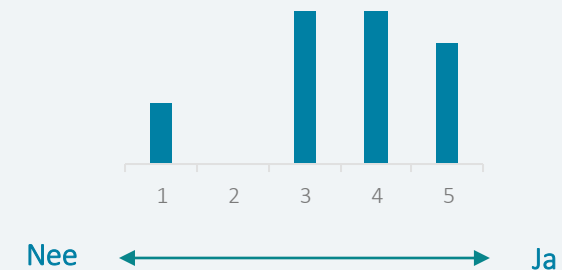
Respondenten benadrukken de noodzaak van open systemen om vendor-lock-ins te voorkomen en samenwerking tussen partijen te bevorderen. Tegelijkertijd moet een open systeem voldoende beveiliging bieden en gebruiksvriendelijk zijn. Sommige partijen gebruiken nog gesloten systemen, maar erkennen de noodzaak van een overgang naar meer openheid.

10.2 Standaardisatie

De meerderheid van de partijen geeft aan behoefte te hebben aan een sterke standaard. Uit de interviews werd duidelijk dat men de voordelen ziet en dat een sterke standaard essentieel is om interoperabiliteit te bevorderen. Uit de huidige toepassing van protocollen en blik op de toekomst van partijen wordt duidelijk dat standaardisatie zich niet tot één protocol hoeft te beperken maar prima meerdere protocollen kan bevatten. Daarbij wordt ook benadrukt dat

standaarden flexibel moeten blijven en aansluiten bij Europese ontwikkelingen. Het forceren van nationale standaarden wordt als risicovol gezien vanwege potentiële weerstand en hoge implementatiekosten.

Stelling: Mijn bedrijf heeft behoefte aan een sterke standaard die door de markt wordt gehanteerd



Beter een keuze voor één of meerdere standaarden dan geen keuze.



D. Synthese

Deze sectie bevat een synthese van de inzichten uit het marktonderzoek en gesprekken met de expertgroep. Na een beschouwing op complementariteit van protocollen wordt een groeipad naar meer residentiële flexibiliteit gepresenteerd. Tot slot worden alle inzichten samengevat in de conclusie.

11. Complementariteit protocollen

In dit rapport is tot nu toe geen aandacht besteed aan de samenhang tussen communicatieprotocollen en methoden. Door de werking van de verschillende protocollen en methoden op het TCP/IP-model voor datacommunicatie te plotten worden verschillen zichtbaar, waarmee ook duidelijk wordt dat protocollen elkaar aan kunnen vullen. Voor de inzet van een protocol voor flexsturing is uiteindelijk een 'full stack' nodig waarmee alle lagen worden ingevuld. Bijvoorbeeld protocollen als S2 en EEBUS kunnen met verschillende oplossingen voor de fysieke datacommunicatie werken.

Toelichting tabel: Kleuren corresponderen met de wel (blauw) of niet (wit) aanwezigheid van elk protocol/methode in de laag van het TCP/IP-model. Niet

aanwezig betekent dat in deze laag gebruik wordt gemaakt van oplossingen uit andere protocollen/methoden.

Gegeven de sterke aanwezigheid en voorkeur voor MODBUS kan een eerste stap naar meer interoperabiliteit gezocht worden door afspraken te maken die realiseerbaar zijn op MODBUS infrastructuur.

Applicatielaag: Verzorgt de communicatie met gebruikersapplicaties (bijv. HTTP, FTP).

Transportlaag: Biedt end-to-end data-overdracht en foutcontrole (bijv. TCP voor betrouwbaar, UDP voor snel).

Netwerklaag: Zorgt voor logische adressering en routing zodat pakketten hun bestemming bereiken.

Netwerkinterface: Beheert de fysieke overdracht van data over het netwerk-medium (zoals Ethernet of Wi-Fi).

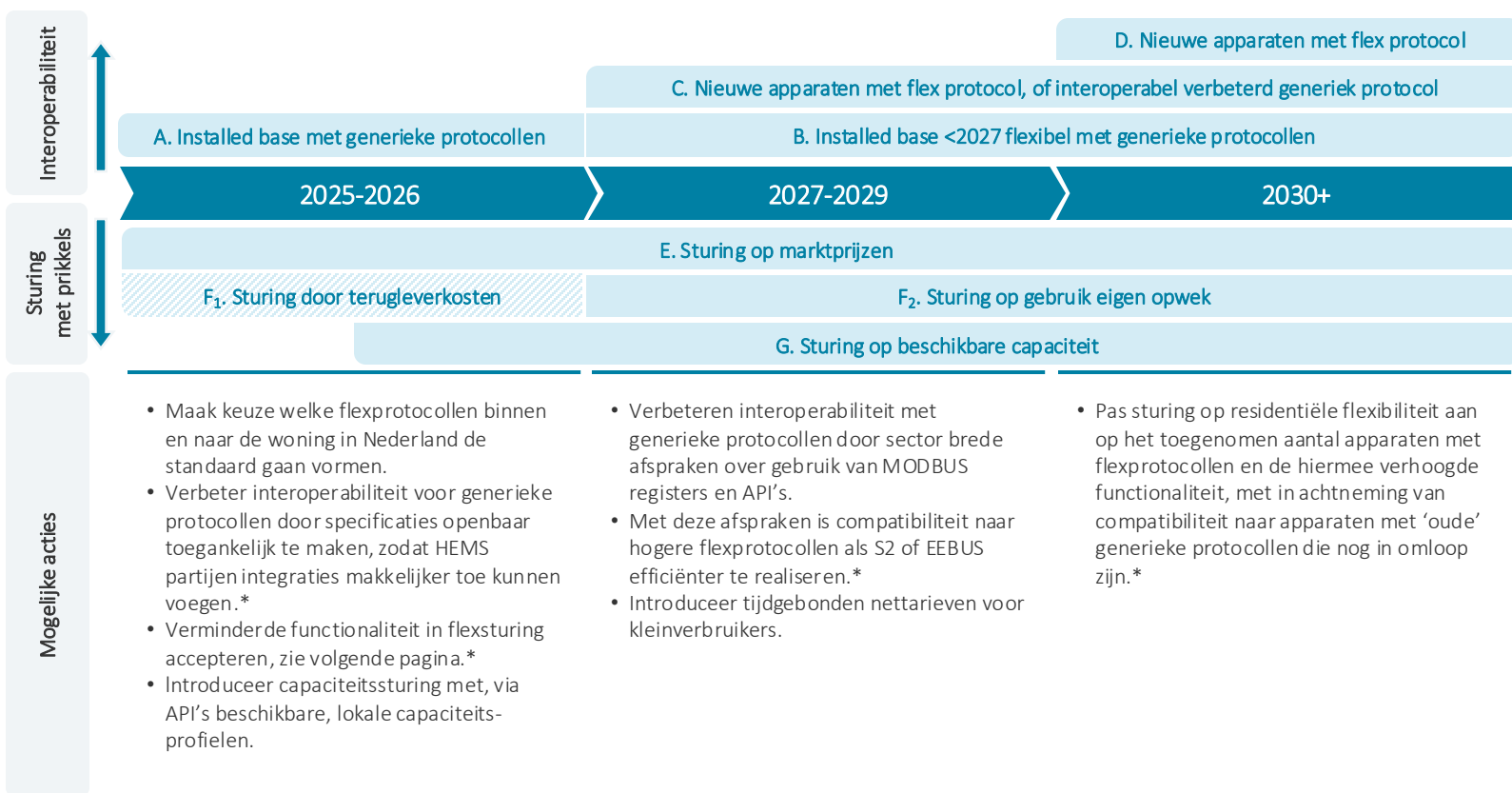
Protocol/Methode*	Protocol generiek en/of eigen maatwerk voor flexsturing				Protocol specifiek voor flexsturing					Communicatiemethode			
	MODBUS RTU	MODBUS TCP	Wireless M-bus	Matter	SG-ready	OCPP	Sunspec Modbus	S2	EEBus	API	LTE	MQTT	RS485
Applicatielaag		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Transportlaag		•		•		•		•	•	•	•	•	
Netwerklaag		•		•		•		•	•	•	•	•	
Netwerk interface	•		•	•	•		•				•		•

* Voor de leesbaarheid is het aantal weergegeven protocollen beperkt door P1 en OpenTherm weg te laten en verder alleen de protocollen die het vaakst zijn genoemd hier zichtbaar te maken.

12. Groeipad naar meer residentiële flexibiliteit

Uit de interviews met marktpartijen en gesprekken met de expertgroep zijn suggesties voor de volgende stappen naar meer interoperabiliteit en versnelling van residentiële flexibiliteit gekomen. De mogelijke acties zijn hieronder

weergegeven en verbonden aan termijnen waarbinnen deze uitgevoerd zouden kunnen worden. Deze acties zorgen voor toename van interoperabiliteit en maken groei van sturing mogelijk in omvang en functionaliteit.



Fasering in de groei naar meer residentiële flexibiliteit door steeds meer apparaten geschikt te maken via verbeterde interoperabiliteit en door sturing toe te passen:

- Er is een 'installed base' opgebouwd met generieke protocollen, die niet of beperkt interoperabel zijn.
- Deze wordt zo slim mogelijk flexibel ingezet.
- En aangevuld met nieuwe apparaten die een volwaardig flexprotocol hebben of een verbeterd interoperabel generiek protocol.
- Alle nieuwe apparaten werken met een volwaardig flex protocol.
- Sturing op EPEX (dynamische energieprijzen) en onbalans prijzen vindt al plaats en wordt steeds wijder verspreid in woningen.
- De introductie van terugleverkosten en het einde van de salderingsregeling per 1-1-2027 vergroten de prikkel om eigen opwek zoveel mogelijk in huis te gebruiken.
- Sturing op beschikbare capaciteit in het net wordt hieraan toegevoegd met tijdgebonden nettarieven en (locatie specifieke) capaciteitsprofielen.

Te hanteren criteria bij ontwikkelingen in het groeipad:

- Voorkom keuzes die tot lock-ins gaan leiden.
- Consument blijft eigenaar van zijn energiedata.
- Voldoen aan cybeveiligheidseisen.
- Regie bij consument op sturing eigen apparaten.
- Kies voor aansluiting bij bestaande protocollen en compatibiliteit met generieke protocollen
- Onderhoudbaarheid in de toekomst.

* Suggestie afkomstig uit gesprekken met de expertgroep.

12.1 Protocollen en functionaliteit voor sturing van flexibiliteit*

Het groeipad voorziet een toename van apparaten in de woning die uitgerust zijn met interoperabele protocollen. Tegelijkertijd laat het zien dat er een *installed base* is die niet aanstuurbaar is of niet uitgerust is met de meest geavanceerde protocollen. Dit zorgt naast gebrekkige interoperabiliteit ook voor verminderde functionaliteit in flexibiliteitssturing.

In de huidige praktijk worden vooral generieke protocollen ingezet en deze zijn niet standaard ingericht op het benutten van alle flexibiliteitsfunctionaliteiten van een apparaat. Om dit in beeld te brengen is een relatie gelegd tussen de protocollen en acht flexfunctionaliteiten zoals die in de beschrijving van het S2 protocol worden gebruikt (toelichting in Bijlage IV). De uitkomst is in

onderstaande tabel weergegeven met per type protocol (generiek of specifiek) een indicatie van de aanwezigheid van sturing op de flexfunctionaliteiten.

Toelichting tabel: De kleuren in de tabel geven aan in hoeverre de protocollen binnen de generieke en specifieke categorie, de flexfunctionaliteiten ondersteunen. *Groen* betekent volledige dekking, *geel* geeft aan dat de meeste protocollen deze flexfunctionaliteit ondersteunen, en *lichtblauw* geeft aan dat slechts enkele protocollen deze functionaliteit ondersteunen.

Dit betekent echter niet dat generieke protocollen bijvoorbeeld geen thuisbatterij of hybride warmtepomp kunnen aansturen. In dergelijke gevallen is vaak maatwerk vereist om de gewenste functionaliteiten te realiseren.

		Beperking van productie of consumptie	Vermogensmodulatie	Verschuiving van productie of consumptie in tijd	Alternatieve energieprofielen	Onderbreken van een taak	Opslag van energie	Buffering van energie	Overschakelen naar een ander energietype
Flex functionaliteit → Generiek of specifiek ↓									
Communicatie Protocol	Generiek en/of eigen maatwerk voor flexsturing	Geel		Lichtblauw					
	Specifiek voor flexsturing	Groen							Geel

Een generiek protocol dat ingezet wordt voor sturing van flexibiliteit is niet alleen minder interoperabel maar is ook niet voorbereid op het inzetten van alle mogelijke flex functionaliteiten.

* Informatie en opzet van dit deel gebaseerd op bronnen en gesprekken met de expertgroep.

12.2 Gevolgen flexfunctionaliteit voor benutting van residentiële flexibiliteit*

De apparaten in de woning bevatten verschillende flexfunctionaliteiten. Het al dan niet beschikbaar zijn van sturingsmogelijkheden heeft daarom directe gevolgen voor de benutting van deze flexibiliteit. Een PV omvormer heeft beperkte flex functionaliteit en een generiek protocol dat kan sturen op de beperking van de productie is voldoende om deze functionaliteit te benutten. Voor andere apparaten gaat er echter flexibiliteit verloren als er geen toegang is tot bepaalde sturingsmogelijkheden. Bijvoorbeeld de hybride warmtepomp kan door te switchen van elektriciteit naar gas een belangrijke flex bijdrage leveren zonder dat de woning afkoelt.

Geavanceerde flexprotocollen omvatten bi-directionele communicatie tussen het apparaat en het systeem, waarbij informatie over het flexibiliteitspotentieel wordt gedeeld. Dit draagt bij aan maximale benutting van de inzet van residentiële flexibiliteit.

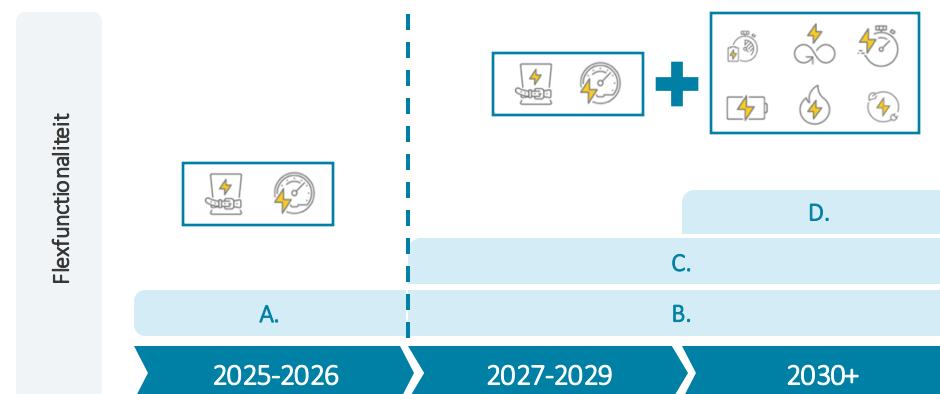
12.3 Ontwikkeling functionaliteit binnen het groeipad*

Er moet de komende jaren rekening worden gehouden met een beperkte set aan functionaliteiten voor sturing op residentiële flexibiliteit. Als functionaliteit wordt gekoppeld aan het eerder beschreven groeipad, zal het vanaf 2027 mogelijk zijn om alle flexfunctionaliteiten van apparaten in de woning volledig te ontsluiten door het gebruik van specifieke flexprotocollen. De noodzaak hiervoor zal toenemen, aangezien verwacht wordt dat het aantal thuisbatterijen, (bi-directionele) thuislaadpalen en warmtepompen (hybride en volledig elektrisch) de komende jaren aanzienlijk zal groeien. Juist deze apparaten vereisen specifieke flexprotocollen om hun volledige potentieel te benutten.

In de praktijk betekent dit dat netbeheerders, zodra zij bijvoorbeeld capaciteitssturing willen toepassen, rekening moeten houden met een bestaande *installed base* die slechts beperkt aanstuurbaar is via productie- of

consumptiebeperking, terwijl nieuwe apparaten steeds meer flexibiliteitsmogelijkheden zullen bieden.

Groeipad residentiële flexibiliteit met flexfunctionaliteiten



Fasering van groei in interoperabiliteit.

(Zie ook pagina 29)

- Installed base met generieke protocollen
- Installed base <2027 flexibel met generieke protocollen
- Nieuwe apparaten met flex protocol, of interoperabel verbeterd generiek protocol
- Nieuwe apparaten met flex protocol

Flexfunctionaliteiten

-  Beperking van productie of consumptie
-  Vermogens-modulatie
-  Verschuiving van productie of consumptie in tijd
-  Alternatieve energie-profielen
-  Onderbreken van een taak
-  Opslag van energie
-  Buffering van energie
-  Overschakelen naar een ander energietype

* Informatie en opzet van dit deel gebaseerd op bronnen en gesprekken met de expertgroep.

13. Conclusie

1. De huidige praktijk is niet interoperabel

In de huidige markt voor de aansturing van apparaten in woningen is het MODBUS RTU-protocol dominant. Hoewel breed toegepast, biedt dit protocol geen interoperabiliteit tussen verschillende systemen en apparaten. Naast MODBUS RTU zijn nog veel andere protocollen in gebruik, waardoor leveranciers van Home Energy Management Systemen (HEMS) een tiental verschillende protocollen moeten ondersteunen om met alle apparaten in de woning te kunnen communiceren. Daarbij zijn vaak ook nog cloudkoppelingen met OEM's (fabrikanten) noodzakelijk. In het algemeen zijn de in gebruik zijnde protocollen vrij generiek; specifieke flexprotocollen worden nog weinig toegepast.

2. Een hybride architectuur voor aansturing van residentiële flexibiliteit

De communicatie naar woningen verloopt grotendeels via API's binnen cloudgebaseerde architecturen. In sommige gevallen gebeurt dit via een HEMS, maar vaak ook rechtstreeks naar apparaten in de woning. Hoewel het ontbreken van een fysieke HEMS in huis nadelen kan hebben, is het realiteit dat er de komende jaren een hybride architectuur zal zijn. Dit betekent dat woningen met en zonder HEMS apparaat naast elkaar bestaan en dat aansturing plaatsvindt via een combinatie van verbindingen met verschillende cloudplatformen.

3. Interoperabiliteit zorgt voor keuzevrijheid

Zowel binnen de woning als er naar toe is verbetering van interoperabiliteit noodzakelijk. Dit is essentieel voor kostenbeperking en keuzevrijheid van de consument. Als onderdeel van interoperabiliteit naar de woning is het belangrijk dat capaciteitssturing in heel Nederland op een uniforme manier wordt ingericht.

4. Versnellen residentiële flexibiliteit kan, maar wacht op keuzes

De implementatieroute naar meer residentiële flexibiliteit vraagt in de eerste plaats om keuzes voor een marktmodel met passende prikkels en flexprotocollen voor binnen en naar de woning. De benodigde flexprotocollen zijn al voldoende ontwikkeld en voor brede toepassing inzetbaar. Door een keuze te maken zal duidelijkheid ontstaan voor leveranciers en dienstverleners. Partijen nemen een afwachtende houding aan en geven aan dat keuzes in de implementatieroute gewogen dienen te worden op meerdere criteria, o.a. gewenste functionaliteit, focus op nieuwe en/of bestaande apparaten, keuzevrijheid, voorkomen lock-ins en aansluiting bij bestaande (internationale) praktijk.

5. Handreikingen voor volgende stappen

Meerdere suggesties zijn gedaan voor quick-wins en een gefaseerd groeipad voor opschaling van residentiële flexibiliteit:

- Maak zo snel mogelijk keuze voor de toekomstig te hanteren flexprotocollen.
- Zet een eerste stap naar meer interoperabiliteit door afspraken te maken die aansluiten op de bestaande infrastructuur (met o.a. MODBUS en API's).
- Daarbij is nader onderzoek wenselijk naar voldoende borging van cyberveiligheid bij de inzet van deze bestaande infrastructuur.
- Het openstellen van documentatie en accepteren van verminderde flexfunctionaliteit voor de *installed base* zijn hierbij nader uit te werken acties.
- Marktpartijen hebben aangegeven dat ze bij willen dragen aan opschaling van residentiële flexibiliteit, benut deze partijen als klankbord en ambassadeurs in de volgende stappen.



Bijlagen

De volgende sectie beschrijft gehanteerde definities, gebruikte bronnen en een uitgebreidere toelichting op flexibiliteitsfunctionaliteiten.

I. Communicatie protocol en methode beschrijvingen

API: Een interface waarmee verschillende softwaretoepassingen en systemen gegevens kunnen uitwisselen en functionaliteiten kunnen aanroepen.

Dig. I/Os / wire: Eenvoudige digitale in- en uitgangen die worden gebruikt voor directe schakelingen en eenvoudige energiesturing.

EEBus: Een use-case-gedreven interoperabiliteitsprotocol dat via een gestandaardiseerde semantische data laag apparaten en energiesystemen in huis laat communiceren.

Eigen (bedraad) protocol: Een op maat gemaakte (bekabelde) communicatie-oplossing, specifiek ontworpen voor de aansturing van energieapparaten in een gesloten systeem.

EPS-NOW: Een protocol voor energiemangement en sturing van energievoorzieningen.

Ethernet: Een bekabeld netwerkprotocol voor snelle en betrouwbare gegevensoverdracht binnen en tussen systemen.

IEEE 2030.5: Een standaard voor de integratie van gedistribueerde energiebronnen in een smart grid via

veilige IP-gebaseerde communicatie.

Internet: Een wereldwijd netwerk dat apparaten en systemen met elkaar verbindt voor communicatie en gegevensuitwisseling

LTE: Long-Term Evolution, een standaard voor draadloze breedbandcommunicatie die wordt gebruikt voor (mobiele) apparaten.

Matter: Een universeel connectiviteitsprotocol dat fabrikanten helpt interoperabele apparaten te bouwen binnen het ecosysteem van smart homes.

MODBUS RTU: Een serieel communicatieprotocol dat veel wordt gebruikt voor het uitlezen en aansturen van energieapparaten in gebouwen.

MODBUS TCP: Een variant van het MODBUS-protocol die gebruikmaakt van TCP/IP-netwerken voor communicatie.

MQTT: Message Queuing Telemetry Transport, een lichtgewicht protocol voor berichtuitwisseling, populair in IoT-toepassingen.

OCPP: Open Charge Point Protocol; een open standaard voor communicatie tussen laadpalen en backend-systemen.

OpenADR: Open Automated Demand Response, een client-server-gebaseerd protocol voor vraagrespons, waarbij energieleveranciers en netbeheerders via gestandaardiseerde berichten op afstand flexibiliteit kunnen sturen.

OpenTherm: Een communicatieprotocol voor verwarmings- en koelsystemen.

P1 (DSMR): Een seriële poortinterface van slimme meters waarmee huishoudelijke energiemangementssystemen real-time verbruiksgegevens kunnen uitlezen.

Proprietary RF protocol: Een niet-gestandaardiseerd radiofrequentieprotocol dat door specifieke fabrikanten wordt gebruikt voor de aansturing van energieapparaten.

RS485: Een standaard voor seriële communicatie die geschikt is voor lange afstanden en robuuste industriële toepassingen.

S2: Een flexibiliteitsprotocol dat werkt met een resource manager die de communicatie tussen apparaten en de HEMS abstraheert, zodat apparaten onafhankelijk van hun eigen communicatietaal kunnen samenwerken voor flexibiliteit.

SG-ready (hardcontact): Apparaten, zoals warmtepompen en boilers, ontvangen via een relaiscontact signalen van een energiemangementstelsel om aan of uit te schakelen of tussen bedrijfsmodi te wisselen.

Sunspec Modbus: Een gestandaardiseerde toepassing van het Modbus-protocol, specifiek gericht op zonne-energie en energieopslag componenten.

TF / Ripplecontrol: Een vraagrespons-mechanisme waarbij (toonfrequent) signalen over het elektriciteitsnet worden verzonden om belastingen zoals boilers of warmtepompen te schakelen.

Wifi: Een draadloos netwerkprotocol waarmee apparaten data verzenden en ontvangen via radiogolven binnen een lokaal netwerk.

Wireless M-bus: Een draadloze variant van het M-bus-protocol, ontworpen voor energiemeters en andere toepassingen binnen smart grids.

Z-Wave: Een draadloos protocol ontworpen voor domotica, met een focus op lage energieconsumptie en beveiligde verbindingen.

II. Respons marktpartijen

Deze tabel laat de reacties zien vanuit de interviews per protocol/methode.

	Generiek of specifiek	Protocol	Binnen woning	Naar woning	Aantal huidige praktijk	Aantal toekomst
Communicatie Protocol	Generiek en/of eigen maatwerk voor flexsturing	MODBUS RTU	•		7	4
		MODBUS TCP	•		5	1
		OpenTherm	•		4	1
		Eigen (bedraad) protocol	•		3	0
		P1 (DSMR)	•		3	3
		Wireless M-bus	•		2	0
		Z-Wave	•		1	0
		EPS-NOW	•		1	0
		Matter	•		1	4
		Proprietary RF protocol	•		1	0
	Specifiek voor flexsturing	SG-ready (hardcontact)	•		5	1
		OCCP	•		3	3
		Sunspec Modbus	•	•	2	1
		S2	•		1	3
IEEE 2030.5		•	•	1	1	
EEBus		•		0	4	
OpenADR	•	•	0	1		
Communicatie Methode		API	•	•	8	5
		LTE		•	4	2
		MQTT	•	•	4	2
		RS485	•		3	0
		WIFI	•	•	2	1
		Dig. I/Os / wire	•		1	0
		Ethernet	•		1	0
		Internet	•	•	2	1
		TF / Ripplecontrol		•	1	0

III. Definities

Aggregator: Een marktpartij die signalen uit de markt of het net oppikt en omzet in sturing naar woningen. (Hiermee wordt in dit document een bredere definitie dan de marktrol definitie van aggregator gehanteerd.)

Cloudplatform: Een digitaal platform dat diensten, dataopslag en applicaties via internet aanbiedt.

Communicatiemethoden: De onderliggende technieken en transmissiemechanismen die communicatie tussen apparaten en systemen mogelijk maken.

Communicatieprotocollen: Protocollen die de inhoud en structuur definiëren van berichten en hoe apparaten of systemen moeten reageren.

FAN: Flexiblepower Alliance Network is een stichting die flexibiliteit van het energiesysteem stimuleert en werkt aan een open en eerlijk energiesysteem.

Flexsturing: Het aanpassen van energieverbruik, -opslag of opwek op basis van signalen.

HEMS: Home Energy Management System; een systeem dat apparaten zoals warmtepompen, thuisbatterijen en laadpalen aanstuurt en afstemt op signalen uit het net en de markt.

Installed base: Het totaal aantal apparaten of systemen dat geïnstalleerd is en actief gebruikt wordt binnen een bepaalde markt.

Interconnectiviteit: Het vermogen van systemen en apparaten om met elkaar verbonden te zijn en gegevens uit te wisselen.

Interoperabiliteit: De mogelijkheid van verschillende systemen of apparaten om probleemloos samen te werken, ongeacht fabrikant of technologie. Dit gaat naast connectiviteit ook om het spreken van de juiste taal om energieflexibiliteit uit te kunnen wisselen.

Lock-in: Een situatie waarin consumenten afhankelijk worden van een specifiek product, dienst of leverancier, waardoor overstappen lastig of kostbaar is.

Marktgebaseerde inzet van flexibiliteit: Het gebruiken van prijssignalen en marktmechanismen om het energieverbruik dynamisch aan te passen aan de behoeften van het elektriciteitsnet.

OEM (Original Equipment Manufacturer): een fabrikant die apparaten levert (of onderdelen die door andere bedrijven in hun producten worden gebruikt).

Residentiële flexibiliteit: Residentiële flexibiliteit omvat alle acties die huishoudens kunnen nemen om hun energieverbruik, -opslag of opwek aan te passen.

Retrofit: Het aanpassen of upgraden van bestaande apparaten of systemen om nieuwe functionaliteit of

verbeterde prestaties te bieden.

Sturende partij: Een organisatie die verantwoordelijk is voor het sturen van capaciteit en balans in het elektriciteitsnet, zoals netbeheerders of programmaverantwoordelijken.

Stuurbaar apparaat: Een apparaat dat signalen kan ontvangen (o.a. van een HEMS, uit het net of van een aggregator) en daarop kan reageren om energieverbruik of -opwek aan te passen.

IV. Flexibiliteitsfunctionaliteiten



Beperking van productie of consumptie

Sommige apparaten verbruiken of produceren energie die in principe niet regelbaar is, maar indien nodig kan worden beperkt. Typische voorbeelden zijn zonnepanelen en windturbines, die alleen energie produceren wanneer respectievelijk zonnestraling of wind beschikbaar is, maar waarbij de productie kan worden verminderd (curtailment).



Vermogensmodulatie

Deze functionaliteit beschrijft apparaten die hun energieproductie of verbruik kunnen aanpassen zonder gevolgen voor hun functionaliteit. Meestal worden deze apparaten ingezet om een microgrid in balans te brengen. Een dieselgenerator is een goed voorbeeld, omdat deze op verzoek stroom kan produceren. Een ander voorbeeld is flaring (affakkelen), waarbij overtollige energie, meestal in de vorm van warmte, wordt afgevoerd.



Verschuiving van productie of consumptie in tijd

Dit patroon beschrijft de mogelijkheid om een volledig productie- of verbruiksprofiel in de tijd te verschuiven. Een goed voorbeeld is een wasmachine met een uitgestelde startfunctie.



Alternatieve energieprofielen

Dit patroon biedt meerdere manieren om een taak uit te voeren, terwijl hetzelfde energietype wordt gebruikt. Een vaatwasser kan bijvoorbeeld water snel verwarmen met een hoog vermogen, of langzaam met minder vermogen. De resulterende energieprofielen zijn verschillend, maar in beide gevallen wordt het water voldoende verwarmd.



Onderbreken van een taak

Sommige apparaten kunnen tijdelijk stoppen terwijl ze een taak uitvoeren. Bijvoorbeeld een wasmachine die kan pauzeren tussen fasen van een programma, zoals tussen de verwarmings- en wascyclus. Sommige apparaten kunnen op willekeurige momenten pauzeren, anderen alleen op vooraf gedefinieerde punten in hun programma. Vaak is er een maximale pauzetijd of een deadline voor het voltooiën van de taak.



Opslag van energie

Wanneer energie wordt gebufferd, is het niet altijd mogelijk om de gebufferde energie terug te zetten in de oorspronkelijke vorm (bijv. warm water kan niet terug worden omgezet in elektriciteit). Bij het opslagpatroon kan energie in dezelfde vorm worden teruggewonnen als waarin het is opgeslagen. Een typisch voorbeeld is een batterijopslag, waarbij elektriciteit wordt opgeslagen en op een later moment weer kan worden gebruikt.



Buffering van energie

Sommige apparaten kunnen energie tijdelijk bufferen. Er is een component die energie in de buffer plaatst en omzet in een andere vorm, terwijl een andere component de (omgezette) energie later weer kan gebruiken. Een goed voorbeeld is een elektrische boiler die warm water opslaat voor later gebruik.



Overschakelen naar een ander energietype

Dit patroon beschrijft apparaten die kunnen wisselen tussen verschillende energievormen om hetzelfde doel te bereiken. Een voorbeeld is een hybride warmtepomp die kan schakelen tussen elektriciteit en gasverwarming.

V. Bronnen

ACM Monitor Consumentenmarkt Energie

ACM, 2025.

De kansen voor energiemangement in de woning

ElaadNL, FAN, TKI Urban Energy, 2022.

De rol van slimme apparaten bij netcongestie op het laagspanningsnet

TNO, 2024

EU Code of Conduct for Smart Appliances

Europese Unie, 2025.

Flexmonitor: Connected heat pumps in the Netherlands

FAN, TKI Urban Energy, 2023.

GO-e WP2: Implementatie HEMS in de praktijk

ElaadNL, 2024.

How to get to one universal standard for energy flexibility: the role of regulation

ECOS, Presentatie tijdens Flexcon 2024.

In-home energy flexibility protocols

TKI Urban Energy, 2020.

Nationaal Warmtepomp Trendrapport 24-25

Dutch New Energy Research, 2025.

Probleemanalyse Congestie in het laagspanningsnet

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2024.

S2 Whitepaper

TNO, KNX, ECOS, FAN, 2023.

Uptempo website

TKI Urban Energy, 2025.

Verkenning alternatief nettariestelsel kleinverbruik

Berenschot, 2024.